

Kimi Nygren

**PVC PEHMYTMUOVITUOTTEIDEN PINTAKÄSITTELYN
KEHITTÄMINEN**

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Tuotantotalouden koulutusohjelma
Toukokuu 2016**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Toukokuu 2016	Tekijä Kimi Nygren
Koulutusohjelma Tuotantotalous		
Työn nimi PVC PEHMYTMUOVITUOTTEIDEN PINTAKÄSITTELYN KEHITTÄMINEN		
Työn ohjaaja Tapio Malinen		Sivumäärä 19 + 2
Työelämäohjaaja Tuomas Mustonen		
<p>Tämä opinnäytetyö on tehty yrityksen Batamilla sijaitsevalle tehtaalle. Yrityksen pintakäsittelyä on haluttu kehittää kustannustehokkaammaksi käyttäen uusia menetelmiä ja laitteita. Lähtötilanteessa kaikki pintakäsittely, joka sisältää lakkauksen ja pintamaalauksen, on tehty ruiskuttamalla.</p> <p>Ruiskuttamisesta aiheutuvaa hukkaa halutaan vähentää, ja tutkimuksessa tarkoituksena oli löytää parempia vaihtoehtoja entisten tilalle ja laskea niille kustannuksia, sekä vertailla tuloksia vanhoihin.</p> <p>Uusiksi pintakäsittelytavoiksi valittiin lakkauksen osalta kastolakkaus ja pintamaalausta voidaan jatkossa suorittaa X hyväksikäyttäen.</p>		

Asiasanat X, pehmytmuovi, PVC,
--

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date May 2016	Author Kimi Nygren
Degree programme Industrial Management		
Name of thesis DEVELOPMENT OF PVC SOFTPLASTICPRODUCTS' SURFACE TREATMENT		
Instructor Tapio Malinen	Pages 19 + 2	
Supervisor Tuomas Mustonen		
<p>This thesis was made for factory that is located in Batam. The main reason for this research was to get more cost-effective in surface treatment by using new methods and machines. In the beginning all surface treatment, which includes lacquering and surface painting, was made by spraying.</p> <p>The loss from spraying needs to be reduced by finding new methods to replace old ones. Also calculating the costs and comparing those to old costs had to be done.</p> <p>The new surface treatments in this research are dipping in lacquering and using X machine in surface painting.</p>		
Key words X machine, PVC, softplastic,		

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

PVC = Polyvinyylikloridi (PVC) on laajalti käytettyä kovaa muovia, josta saadaan pehmeää lisäämällä siihen pehmittimiä.

Hukka = Työssä syntyvän materiaalin tai työn ei arvoa tuottava toiminta.

Data = Numeraalista tietoa mitä on käytetään laskennassa

Viskositeetti = Nesteen tiheys

Speksi = Tarkempi määritelmä tuotteesta

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 PVC PEHMYTMUOVITUOTTEET	3
3 NYKYTILANTEEN KARTOITUS JA ONGELMAN TUNNISTAMINEN	4
3.1 Lähtötilanne	4
3.2 Ongelman tunnistaminen	4
3.3 Nykytilanteen kartoitus	5
3.3.1 Työn kustannus	5
3.3.2 Tuotantokapasiteetti	5
3.3.3 Materiaalikustannukset	5
3.4 Yhteenveto	6
4 VAIHTOEHTOISTEN PINTAKÄSITTELYMENETELMIEN KARTOITUS	7
4.1 Keskusteleminen Batamilla	7
4.2 Käynti emotehtaalla	7
4.3 Internetissä tutkiminen	8
5 ERI VAIHTOEHTOISTEN MENETELMIEN TUTKIMINEN JA SELVITTÄMINEN	9
5.1 Moniväriruiskupuristus	9
5.2 Kastomaalaus	10
5.3 Kastolakkaus	10
6 ERI PINTAKÄSITTELYMENTELMIEN KEHITYSVAIHEET BATAMILLA	12
6.1 Moniväriruiskupuristus	12
6.2 Kastolakkaus / -maalaus lakkalinjalla	13
7 KONEIDEN SAATAVUUS	15
7.1 Moniväriruiskupuristus	15
7.2 Kastomaalaus/lakkauslaitteisto	15
8 INVESTOINTIEN KANNATTAVUUS	16
8.1 Takaisinmaksuajan menetelmä	16
8.2 Saavutetut säästöt	16
8.3 Lakkalinjan takaisinmaksuaika	18
8.4 Moniväriruiskupuristus	18
9 YHTEENVETO	19
LÄHTEET	20
LIITTEET	

KUVAT

KUVA 4. Piirroskuva ruiskupuristusyksiköstä	9
KUVA 6. Kuvituskuva lakkalinjasta	11
KUVA 9. Takaisinmaksuajan kaava	16

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Vanhan menetelmän laskeminen	17
TAULUKKO 2. Lakkalinjan lisääminen laskentoihin	17
TAULUKKO 4. Lakkalinjan takaisinmaksuajan laskemista	18

1 JOHDANTO

Perheenjäseneni työskentelee yritykselle ja kysyin häneltä onko heillä mitään opinnäytetyöksi soveltuvaa kohdetta. Sain ilokseni kuulla, että siellä olisi yksi juuri minun opintoihini sopiva projekti aluillaan. Ainoa huono puoli oli, että tutkimustyö sijaitsi yrityksen Batamin tehtaalla, lähes toisella puolella maapalloa. Sain kuitenkin järjestettyä aikaa työlle ja käytännönjärjestelyt hoituivat myös, kun perheenjäseneni asui lähistöllä. Projekti aloitettiin viime syksynä, jolloin kävin tutustumassa tehtaalla noin viikon verran ja kävimme läpi projektinkuvaa. Sitten opintoni jatkuivat Suomessa ja minun oli palattava takaisin Suomeen. Kävin koulutyöni ohessa paljon keskusteluita projektitiimin jäsenten kanssa sähköpostitse ja skypen välityksellä. Palasin myöhemmin Aasiaan jatkamaan työtäni, kun sain opintoni siihen pisteeseen, että minun ei tarvinnut enää koulussa käydä paikan päällä.

Opinnäytetyössä on tutkittu mahdollisuuksia kehittää kustannustehokkaampia tapoja tehdä PVC pehmytmuovituotteiden pintakäsittelyä. Tutkimus on rajattu siten, että se on tehty vain yhden mallin tuotteille, joita on 15 eri väri variaatiota ja viittä eri kokoluokkaa.

Aikaisemmin pintakäsittelyn lähtökohtana oli, että kaikki tuotteet lakataan ja maalataan ruiskulla vapaalla kädellä. Tästä syntyvä maalin hukka on ongelma. Ohiruiskutuksen määrä vaihtelee suuresti, mutta se on keskimäärin noin 70% luokkaa. Variaatioista riippuen maalauskerrosten määrä vaihtelee ja täten myös ohiruiskutuksen määrä kasvaa maalauskerrosten lisääntyessä.

Jotta lähtötilanne saatiin realisoitua numeroaineistoksi eli dataksi, täytyi kerätä tietoa tuotannosta. Tuotteiden pintakäsittelystä kerättiin dataa siten, että saatiin laskettua yhden tuotteen pintakäsittelyyn kulunut rahasumma. Tutkittavia asioita olivat: työtunnin hinta, työn kesto tietylle tuotantovaiheelle, maalin hinta ja maalin kulutus. Näistä saatuja lukuja hyväksikäyttäen saatiin laskettua pintakäsittelyyn kulunut kustannus yhtä valmistettua tuotetta kohden. Näistä lähtökohdista oli hyvä lähteä kehittämään uutta taloudellisempaa tapaa toimia.

Uuden taloudellisemman tavan etsiminen alkoi tutkimalla internetistä kaikkia mahdollisia pintakäsittelymenetelmiä. Tämän lisäksi ideointipalaveri tehtaalla pintakäsittelystä vastaavien toimihenkilöiden kanssa ja tutkimusvierailu yrityksen emotehtaalla antoivat hyvän lähtökohdan tutkimuksen jatkamiselle.

Työssä käytiin läpi erilaisia pintakäsittelytapoja ja laskettiin niille kustannukset. Tutkimuksessa havaittiin parhaaksi tavaksi lakkaamiselle ns. kastolakkaus, jossa tuote upotettiin lakka-altaaseen ja pintamaalin maalaamisessa nähtiin hyödylliseksi X käyttö. Uusille menetelmille laskettiin kustannukset valmistettua tuotetta kohden. Tämän jälkeen saatiin laskettua: kannattavuuslaskelmia, säästöjä sekä takaisinmaksuaikoja uusille laitteille.

Tekstistä puuttuu osia, jotka on yrityssalaisuuksien takia poistettu. Tietyt salatut asiat on korvattu käyttämällä nimeä X.

2 PVC PEHMYTMUOVITUOTTEET

Raaka-aine polyvinyylikloridi eli PVC on erittäin paljon käytetty muovilaatu ja sen ominaisuuksia voidaan vaihdella sekoittamalla siihen erilaisia lisäaineita. PVC:stä saadaan valmistettua helposti luonnollisen näköisiä pehmytmuovituotteita, jotka ovat koostumukseltaan pehmeitä ja taipuisia. Näiden tuotteiden pintakäsittely on suhteellisen helppoa ja raaka-aine itsessään on melko edullista. Batamilla käytetään PVC raaka-ainetta, jonka pehmittimet eivät sisällä ihmisen terveydelle haitallisia lisäaineita. Raaka-aineessa käytetty pehmitin on nimeltään X. Tehtaalla sekoitetaan tähän perusraaka-aineeseen erilaisia lisäaineita, mutta PVC:n osuus on kuitenkin yli 80 % liuoksen koostumuksesta. (Wikipedia 2016).

Nämä pehmytmuovituotteet ovat iso osa yrityksen markkinoista ja niitä myydään ympäri maailmaa monia miljoonia kappaleita joka vuosi. Suuren volyymimääränsä takia pehmytmuovituotteiden pintakäsittelyn tutkiminen ja kehittäminen on erittäin tärkeää.

3 NYKYTILANTEEN KARTOITUS JA ONGELMAN TUNNISTAMINEN

Yrityksen Batamin tehdas valmistaa miljoonia tuotteita vuosittain ja jo pienetkin säästötoimenpiteet tuottavat mittavia säästöjä pitkällä aikavälillä. Tässä opinnäytetyössä keskitytään PVC pehmytmuovituotteiden pintakäsittelyn kehittämiseen siten, että työstä saataisiin kustannustehokkaampaa.

3.1 Lähtötilanne

PVC pehmytmuovituotteen tuotanto alkaa rungon ruiskupuristamisesta, jossa alumiini-, teräs- tai silikonimuottiin ruiskutetaan pehmitettyä muovia eli PVC:tä. Lopputuloksena saadaan taipuisa ja kumimainen runko. Ruiskupuristuksessa muotin sulkupintojen väliin pääsee helposti puristumaan ylimääräistä muoviaiainetta, jos muotti on huonokuntoinen. Etenkin silikonimuotteja käytettäessä ns. väliinlyöntiä tapahtuu erittäin helposti ja ylimääräinen aines täytyy poistaa käsityönä. Tämän jälkeen rungot pestään vesialtaassa. Kun rungot on pesty, päästään pohjalakkaamaan tuote, jotta sen pinnalle voidaan maalata mahdollisia kuvioita tuotteen väristä riippuen. Lakkaaminen tapahtuu ruiskuttamalla lakkaa maalausalustalle asetettujen runkojen yli kuvan 3 mukaisesti. Seuraavaksi tuotteen ylä- ja alapuoli maalataan yksi kerrallaan. Jos tuotteen kylkiin tarvitsee maalata selkeitä kuvioita tehdään ne seuraavaksi. Siinä runko asetetaan sapluunaan yksi kerrallaan ja tuotteen molemmat puolet maalataan samalla kerralla. Kun haluttu maalauskuvio on saatu tuotteen pinnalle täytyy tuote vielä lakata, ettei maali tarhriinnu tai kulu käytössä.

3.2 Ongelman tunnistaminen

Kuten voidaan huomata tuotteiden pintakäsittely sisältää paljon ruiskuttamista. Ruiskuttamisessa ohiruiskutuksen määrä on iso ongelma, mikä oli jo ennen tutkimuksen aloittamista yrityksessä tunnistettu. Tähän on tämän opinnäytetyön tarkoituksena löytää ratkaisu. Pintakäsittelyssä tapahtuvan ohiruiskutuksen määrä on keskimäärin noin 70%, tämä lukema on saatu todennettua yrityksen emotehtaalla kasto- ja ruiskutusmenetelmiä vertaamalla. Tätä hukkaa halutaan minimoida löytämällä tai kehittämällä uusia menetelmiä.

3.3 Nykytilanteen kartoitus

Nykytilanteen kartoittamiseksi täytyi kerätä dataa nykyisen menetelmän pinta-aineiden kulutuksesta ja selvittää paljonko tuotteen pintakäsittelyyn kului resursseja. Jotta nämä saatiin selville täytyi jokaista pintakäsittelyn vaihetta tutkia ja realisoida ne numerodataksi. Heti tutkimuksen alkuvaiheissa olin tehtaalla keräämässä numerodataa eri työvaiheista. Maalin kulutusta mittasin punnitsemalla ruiskun painon ennen ja jälkeen ison tuotesarjan maalaamisen. Vaiheajoja mittasin kellottamalla jokaista vaihetta pidemmän aikajakson ajan, josta sain laskettua tunnin tuotantokapasiteetin.

3.3.1 Työn kustannus

Ensimmäisenä selvitettiin paljonko yhden työtunnin kokonaiskustannukset ovat. Sain tietooni henkilöstöpäälliköltä työntekijöiden kuukausipalkan, joka sisältää työnantajan maksettavat sosiaalikulut, ja lähdin siitä laskemaan, kuinka paljon yksi työtunti maksaa. Batamilla tehdään työtä kolmessa vuorossa ja yhdessä vuorossa tehdään seitsemän tuntia työtä. Näin ollen päivittäiseksi työmääräksi saadaan 21 tuntia. Töitä Batamilla tehdään kuukaudessa keskimäärin 24 päivänä ja näin saadaan kuukausittaiseksi työmääräksi 168 tuntia. Yhden työtunnin kustannukset saadaan jakamalla kuukausipalkka 168 työtunnilla.

3.3.2 Tuotantokapasiteetti

Työn kustannusten lisäksi täytyi selvittää kuinka paljon yhden työtunnin aikana valmistuu tuotteita kussakin pintakäsittelyn työvaiheessa. Tämän sain selville kellottamalla eri työvaiheita isomman valmistussarjan ajan, mikä kesti keskimäärin noin 30 minuuttia. Laskin siis kuinka monta tuotetta oli saatu valmiiksi tietyn mittaisena ajanjaksona. Tätä hyväksikäyttäen sain laskettua tunnissa valmistuneet kappalemäärät.

3.3.3 Materiaalikustannukset

Seuraavaksi lähdettiin selvittämään, kuinka suuret materiaalikustannukset ovat eli paljonko ruiskutettava maali maksaa ja kuinka paljon sitä kuluu keskimäärin yhden tuotteen pintakäsittelyyn. Jotta

ruiskutettavan maalin kustannukset saadaan tietoon, täytyi tietää paljonko maali sisältää raakaa maalia ja kuinka iso osa siitä on liuottimia. Tämän tiedon saatua selvitin kuinka paljon materiaalit maksavat materiaalityöntekijältä ostettuna. Kun ruiskutettavan maalin hinta oli meillä tiedossa, täytyi selvittää paljonko maalia kuluu keskimäärin yhden tuotteen maalaamiseen. Tämän sain selville siten, että maaliruisku punnittiin digitaalisella vaa'alla, jonka tarkkuus on 0,1 grammaa, ennen kuin aloitettiin isomman sarjan maalaaminen. Kun sarja oli maalattu, punnittiin ruisku uudestaan. Tämä prosessi toistettiin kolme kertaa, jotta sain tarkemman tuloksen. Kuluneen maalin määrä jaettiin maalatuilla kappaleilla ja tästä saatiin yhteen tuotteeseen kulunut maalimäärä grammoina. Nyt kun sekä ruiskutettavan maalin hinta ja ruiskutukseen kuluva maalin määrä saatiin selville, voitiin laskea helposti materiaaleihin kuluva kustannus. Esimerkiksi maalia kuluu 560 grammaa ja maalattavien tuotteiden määrä on 280. Yhteen kappaleeseen kulunut maalimäärä saadaan kun jaetaan sarjaan mennyt 560 grammaa maalatuilla 280 kappaleella, mistä tulee kaksi grammaa yhtä tuotetta kohden. Tämä kaksi grammaa kerrotaan maalin grammahinnalla, ja tästä saadaan kuluneen materiaalin kustannus.

3.4 Yhteenveto

Lähtötilanteen kartoittaminen antaa hyvän pohjan aloittaa uusien tapojen tutkimisen. Uusia tapoja on nyt helppo vertailla nykytilanteen kustannuksiin ja saada hyvä kuva siitä, että onko sen käyttäminen tuotannossa kannattavaa vai ei. Taulukossa 1 on laskettu alkuperäisen työmenetelmän mukainen kokonaiskustannus.

4 VAIHTOEHTOISTEN PINTAKÄSITTELYMENETELMIEN KARTOITUS

Saadakseni hyvän kuvan tarjolla olevista pintakäsittelymenetelmistä, täytyi minun käyttää paljon aikaa erilaisten mahdollisuuksien löytämiseksi. Apunani käytin tässä paljon internetiä, mutta myös keskusteleminen Batamilla tehtaan työntekijöiden kanssa avarsi käsitystäni tilanteen yleiskuvasta ja monista uusista mahdollisuuksista. Yksi tärkeimmistä asioista oli kuitenkin käynti yrityksen emotehtaalla, josta sain tärkeitä ideoita tehdessäni lopullisia valintoja.

4.1 Keskusteleminen Batamilla

Käytyämme läpi nykytilannetta Batamin tehtaalla, keskustelin asiasta eri pintakäsittelyosastojen esimiesten, sekä tehtaanjohtahan kanssa ja he kertoivat ideoitaan uusiksi mahdollisiksi tavoiksi suorittaa pintakäsittelyä. Jo etukäteen oli selvää, että yksi tärkeimmistä asioista on käydä tutustumassa yrityksen emotehtaan tapaan tehdä pintakäsittelyä. Näillä lähtökohdilla lähdin jatkamaan tutkimusta ja kehitystyötä.

4.2 Käynti emotehtaalla

Palattuani takaisin Suomeen kävin yrityksen emotehtaalla ja se oli yksi hedelmällisimmistä reissuista työni kannalta. Siellä pintakäsittelyosaston esimies esitteli minulle heidän pintakäsittelyssä käytettäviä laitteita ja menetelmiä. Emotehtaalla ei valmisteta täysin samoja tuotteita, kuin Batamilla. Emotehtaalla valmistetaan lähinnä kovamuovisia ja puisia tuotteita. Pehmytmuovituotteen pinta on joustavampaa, kuin emotehtaalla valmistettavien tuotteiden, joten heidän menetelmiään ei voitu suoraan käyttää näille pehmytmuovi tuotteille. Kuitenkin heillä käytettävät menetelmät, kuten X ja kastolakkaus, voisivat toimia pehmytmuovisiin tuotteisiin hieman soveltamalla.

4.3 Internetissä tutkiminen

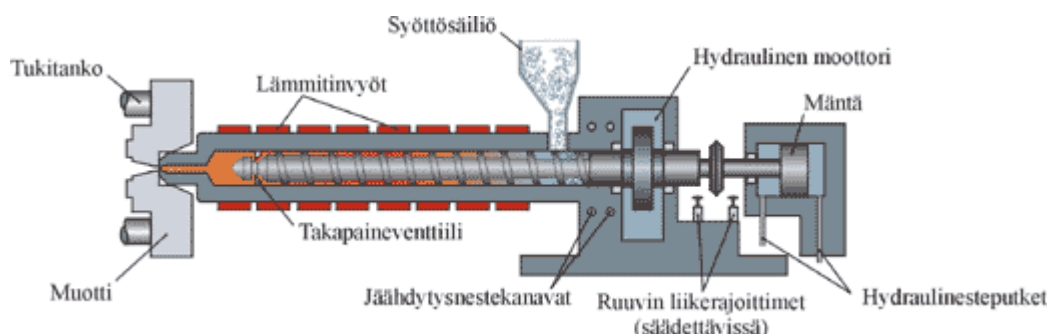
Lisäksi käytin paljon aikaa internetissä opiskellessani mahdollisia vaihtoehtoja. Kävin myös useita sähköpostikeskusteluja yrityksen koneiden suunnittelusta vastaavien henkilöiden kanssa, ja heistä oli paljon apua kehitellessämme uusia vaihtoehtoisia menetelmiä.

5 ERI VAIHTOEHTOISTEN MENETELMIEN TUTKIMINEN JA SELVITTÄMINEN

Vaihtoehtoisia menetelmiä löytyi useita ja niitä täytyi tutkia tarkemmin, sekä selvittää mitkä näistä vaihtoehtoista sopisi yritykselle parhaiten. Seuraavissa luvuissa käyn läpi vain niitä menetelmiä, jotka kehitystiimin kanssa valittiin tutkittavien menetelmien joukkoon. Vaihtoehtoina maalaukselle löysin: moniväriruiskupuristuksen, kastomaalauksen sekä X. Lakkaukselle oli vähemmän vaihtoehtoja, koska yrityksen emotehtaalla käytettävä kastolakkaus oli todettu toimivaksi, joten lähdin siitä kehittämään toimivaa tapaa juuri Batamin tehtaan tarpeisiin.

5.1 Moniväriruiskupuristus

Ruiskupuristuksessa tai ruiskuvalussa kaadetaan viskositeetiltään veden kaltaista muoviraaka-ainetta syöttösuppiloon ja sieltä raaka-aine jatkaa matkaansa ns. syöttöruuville. Syöttöruuvin ympärillä olevat vastukset lämmittävät raaka-aineen yli 150 asteeseen. Syöttöruuvilla puristetaan raaka-ainetta männän tavoin suljettuun muottiin. Ruiskutuksessa muodostunut paine pidetään muotissa ruuvin takapaineventtiilin avulla, ettei ruiskutettu muoviraaka-aine valu takaisin ruuvin kierteisiin. Ruiskutuksen jälkeen tehdään vielä jälkipaineistus, jossa raaka-ainetta paineistetaan muottiin, jotta täyttämättä jäänyt osa tai tuotteen kutistuma voitaisiin kompensoida. Raaka-aine aloittaa jäähtymisen jo muottiin puristaessa ja jäähtymisen ansiosta muovi saa kiinteän olomuotonsa. Kun tuote on jäähtynyt tarpeeksi, voidaan se irrottaa muotista. (Höök & Nykänen 2015, 2-5; Buder & Lähteenmäki 2013, 21-22).



KUVA 4. Piirroskuva ruiskupuristusyksiköstä. (Tampereen teknillinen yliopisto materiaaliopin laitos 2005)

Moniväriruiskupuristuksella tarkoitetaan sitä, että koneessa on useampia ruiskutusyksiköitä. Jos halutaan ruiskuttaa kahta eri väriä muottiin, niin pitää olla kaksi ruiskutusyksikköä koneessa. Jos halutaan ruiskuttaa kolmea eri väriä, niin ruiskutusyksikköjä pitää vastaavasti olla kolme. Halutun väriseksi värjätty muoviraaka-aine voidaan vapaasti sijoittaa mihin tahansa ruiskutusyksikköön, kunhan edellinen väri vaan on huolellisesti puhdistettu pois ruiskutusyksiköstä.

Moniväriruiskupuristuksessa kahta tai useampaa väriä ruiskutetaan samanaikaisesti muottiin. Muotissa voidaan käyttää erilaisia värejä erottelevia jakolevyjä ja jopa ruiskutuksen aikana ulosvedettäviä muotokeernoja. Tätä menetelmää käyttäessä ei tarvitse välttämättä jatkopintakäsittelyjä, ja tämä sopii hyvin väritykseltään yksinkertaisille tuotteille. Jos halutaan tuotteen pintaan monimutkaisempia kuvioita, täytyy ne maalata erikseen.

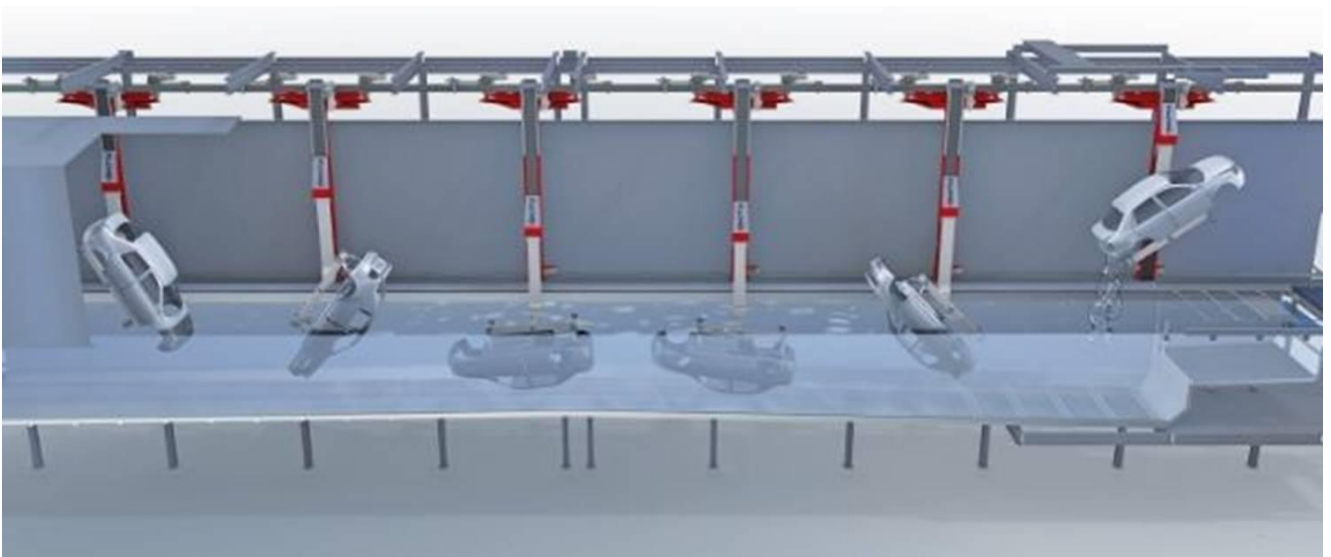
5.2 Kastomaalaus

Kastomaalauksessa sekoitetaan lakka-aineeseen väripigmenttiä ja näin saadaan haluttu värisävy. Tässä menetelmässä tuotteet upotetaan kastamalla maalialtaaseen. Maalin viskositeetti ja ylösnostonopeus ovat varsin keskeisessä roolissa. Mikäli viskositeetti on liian suuri, syntyvä maalikerros on liian paksu, ja sama ongelma syntyy, mikäli tuote nostetaan maalialtaasta liian suurella nopeudella. Kastomenetelmällä saadaan yksivärinen maalattu runko, jossa on myös lakka pinnassa, näin saadaan helposti kaksi asiaa kerralla. Tämä toimii kuitenkin vain yksivärisiin variaatioihin tai mahdollisesti pohjaväriksi tuotteelle, jota pintakäsitellään sitten myöhemmin. Tällä menetelmällä voidaan myös kastaa vaikka vain tuotteen takapää tai vastaavasti tuotteen etupää, jolloin saadaan vain osa tuotteesta maalattua. Näitä tuotteita on kuitenkin todella vähän, joten tämän menetelmän tarkempaa laskemista ei nähty tarpeelliseksi.

5.3 Kastolakkaus

Kastolakkaus perustuu tuotteen kastamiseen lakka-altaaseen samalla tavalla kuin kastomaalauksessa. Kun tuote kastetaan ruiskuttamisen sijaan, syntyy paljon vähemmän hukkaa. Kastolakkauksen voi tehdä käyttäen eri menetelmiä. Tämän toimenpiteen vahvuuksia on: pieni lakan kulutus ja vie vähän tilaa. Miinuksina voidaan pitää liikuteltavien kärkyjen hankaluutta. Lisäksi iso lakka-allas on räjähdysriski, kun käytetään liuotinpohjaisia lakkoja, ja lakkaa pääsee haihtumaan isosta astiasta.

Kastolakkaus on kuitenkin todistetusti järkevä valinta ruiskutuksen sijasta, ja Batamin tehtaalle oli tarkoitus tuottaa kastolakkauksen kehittyneempi versio, joka sopii heidän tarpeisiinsa. Tässäkin kastomenetelmässä tuotteet kastetaan lakka-altaaseen, mutta tapa miten se toteutettaisiin, niin Batamille pitäisi rakentaa lakkalinja, jossa tuotteet ripustetaan koukkuihin, joita ketju kuljettaa. Linja kulkee kastoaltaan läpi ja jatkaa matkaansa kuivausalueelle, jossa tuotteet ehtivät kuivaa täysin. Näin päästään eroon liikuteltavista kärryistä ja kuivaustilasta. Kastoallas on myös huomattavasti pienempi kuin edellisessä versiossa, mikä pienentää räjähdysvaaraa ja lakan haihtuminen on pienempää. Kone on kuitenkin hyvin massiivinen ja vie paljon tilaa, mikä on menetelmän heikkous.



KUVA 6. Kuvituskuva lakkalinjasta. (Eisenman SE 2016)

6 ERI PINTAKÄSITTELYMENTELMIEN KEHITYSVAIHEET BATAMILLA

6.1 Moniväriruiskupuristus

PVC:n ruiskupuristus on aloitettu jo 1990 luvun loppupuolella yrityksen Kiinan tehtaalla, jossa parhaimpina aikoina työskenteli yli 3500 työntekijää. Batamille oli sitten siirretty nämä samat koneet Kiinasta, jotka olivat jo 20 vuotta vanhoja ja tekniikaltaan hyvin vanhanaikaisia. Näillä koneilla jo yritettiin tehdä kaksiväriruiskutusta, mutta laadullisesti kaikista yrityksistä huolimatta ei saavutettu riittävän hyviä tuloksia. Tehtaalla oltiin hyvin tietoisia siitä, miksi laatua ei saada vakiinnutettua.

Ensimmäinen ja hyvin merkittävä ongelma liittyi **värin muuttumiseen** prosessin aikana. PVC raaka-aine on neutraaltilassa lähes veden viskositeettia vastaavaa nestettä. Jotta siitä saataisiin kiinteämpää, tulee se lämmittää ensin 150 asteeseen ja sen jäähtyessä syntyy kiinteämpää pehmytmuoviainesta. Näissä vanhoissa koneissa PVC raaka-aine keitettiin lämmöltään ruiskutusprosessiin sopivaksi erillisessä sekoituskattilassa ja kun materiaali oli käyttövalmista, se siirrettiin varsinaiseen ruiskutuslaitteeseen. Keitettäessä PVC ainetta on oltava tarkkana, ettei raaka-aine ylikuumene tai ettei sitä pidetä liian kauaa lämmitettynä, sillä tällöin väri alkaa muuttua kellertäväksi. Raaka-aineen lämmittämistä jatkettiin koko sen käytön ajan myös laitteessa, koska muutoin muovi olisi alkanut jähmettyä jo laitteessa eikä sitä olisi saatu enää ruiskutettua muottiin.

Toinen suuri ongelma liittyi **ruiskutusprosessin hallintaan**. Kun yritettiin ruiskuttaa kahta tai useampaa väriä yhtä aikaa muottiin, niin ruiskutusyksikköjen paineet eivät pysyneet vakaina. Tämä johtui siitä, että laitteet toimivat paineilmalla ja jokaisen ruiskutusyksikön paineet säädettiin erikseen. Tarkoituksena oli siis saada ruiskutettua muottiin kahta saman viskositeetin omaavaa väriä täsmälleen samalla paineella ja saman verran. Prosessia voisi kuvata myös siten, että jos puristaa kahdesta erivärisestä hammastahnatuubista samanaikaisesti samalla paineella hammastahnaa läpinäkyvään muoviputkeen, niin värit etenevät rinta rinnan putken sisällä eivätkä sekoitu toisiinsa. Lopputuloksena on kaunis kaksivärinen kahtia jakautunut väritys putken sisällä. Mikäli toisen tuubin ruiskutusaine laskee kesken ruiskutuksen, niin toista väriä tulee putkeen enemmän ja värien yhtymiskohta ei ole enää suoraviivainen putken sisällä ja lopputulos näyttää vähemmän toivotulta.

Kolmas tekijä oli prosessissa käytetyt **muotit**. Kaikki muotit oli valmistettu käsityönä silikonista ja koska muotti oli lähtökohtaisesti pehmeä, niin ruiskutuksessa ei pystytty käyttämään riittävän suuria

ruiskutusaineita. Muotti myös pehmeni lisää kuumetessaan, joten myös kappaleen koko muuttui päivän aikana. Myöskään pinnan laatu ei vastannut nykypäivän vaatimuksia.

Kävimme keskustelua tiimin kanssa tehtaalla ja päädyimme siihen, että me lähdemme etsimään, löytyykö markkinoilta laitteita, jossa nuo kolme hyvin merkittävää kriteeriä saataisiin täytettyä ja näin ollen meillä olisi edellytykset saavuttaa tavoiteltu lopputulos. Tutkivan teknisen tiimin kaksi insinööriä työskentelivät yrityksen Kiinan toimistolla ja tämä tehtävä kohdistettiin heille. Parin viikon tiiviin työskentelyn jälkeen löysimme potentiaalisen koneen valmistajan Kiinasta. Heidän valmistamassaan koneessa yhdistyivät nuo kolme kriteeriä, mutta tuottavuus ei vakuuttanut meitä. Kyseinen koneen valmistaja oli parin miehen verstaas, joten he olivat valmiit muuttamaan koneen konstruktiota meidän vaatimuksia vastaaviksi, koska tiesivät meidän tehtaan tarvitsevan useita koneita, mikäli lopputulos miellyttäisi meitä.

Noin kolmen kuukauden päästä saatiin ensimmäinen kone valmiiksi koekäyttöön. Tässä koneessa PVC raaka-aine ruiskutetaan sisään koneeseen ja näin ollen värin muuttumisongelma oli ratkaistu. Värit ruiskutetaan muottiin ruuvien avulla ja prosessia ajetaan hydraulikan avulla, joten **ruiskutusprosessin hallinta** saatiin myös tasapainoiseksi. Muotit voitiin valmistaa nyt myös teräksestä ja pinnanlaatu ja kokovaihtelukin saatiin nyt kuriin.

Nyt tehdas pystyy valmistamaan asiakkaiden vaatimusten mukaisia kaksi- tai kolmivärisiä tuotteita ilman pintakäsittelyä. Tämä tekniikka ei sovellu kaiken tyyppisille tuotteille, mutta tämä pudottaa pintakäsittelyn pois noin 35 prosentista valmistettavista tuotteista, joten tämä saavutus on tehtaan kannattavuuden kannalta merkittävä läpimurto.

6.2 Kastolakkaus / -maalaus lakkalinjalla

Meillä oli mietinnässä, että minkälaista kastomenetelmää lähdemme toteuttamaan Battamille.

Joten päätimme lähteä selvittämään kiinalaisen laitetoimittajan kanssa, olisiko heillä ideoita kastolakkausjärjestelmän rakentamisesta. Annoimme heille tuotteen kuivumiseen kuluvan ajan ja muut kastettavien tuotteiden speksit, joiden perusteella laitetoimittaja pystyi rakentamaan ehdottamamme kaltaisen riippukuljettimen. Tässä tuotteet ripustetaan roikkumaan koukkuihin ja kuljetin vie tuotteet heti ripustamisen jälkeen lakka- / maalialtaaseen melko jyrkällä kulmalla. Heti kun tuote on pinnan alla,

alkaa nousu ylös myös melko jyrkässä kulmassa, kuten kuvassa 7 voidaan nähdä. On tärkeätä, että tuote on mahdollisimman lyhyen ajan lakka-altaassa, jotta se ei ala sulamaan.

Tuotteet lakataan linjalla ennen muita pintakäsittelyjä ja sitten toisen kerran kaikkien muiden pintakäsittelyjen jälkeen. Linjalla voidaan tehdä myös kastomaalaus. Tuotteen väri voidaan vaihtaa kastamalla, mikäli jostain syystä pohjaväri on väärä. Kastomaalausta voidaan tehdä myös runkoon osittain, esimerkiksi kastamalla vaikka vain toinen pää eriväriseksi.

7 KONEIDEN SAATAVUUS

Tässä luvussa käydään läpi aiemmin käsiteltyjen menetelmien koneiden saatavuutta. Eli löytyykö koneita tai laitteita suoraan valmistajan hyllystä, vai onko koneet suunniteltava täysin itse ja teetettävä alihankkijalla.

7.1 Moniväriruiskupuristus

Moniväriruiskupuristuskoneita ei löydy suoraan yrityksen tarpeisiin vaan ne täytyy kustomoida siten, että niissä on kaksi tai useampi ruiskutusyksikkö, mikä mahdollistaa useamman värin yhtäaikaisen ruiskupuristuksen. Kiinasta löytyi koneenvalmistaja, joka ryhtyi yhteistyöhön yrityksen kanssa, ja tämän yhteistyön avulla on saatu yrityksen tarpeita vastaava ruiskupuristin.

7.2 Kastomaalaus/lakkauslaitteisto

Kastomaalauksen ja kastolakkauksen laitteistot on suunniteltava yhteistyössä koneidenvalmistajien kanssa ja tilattava erikoistilauksena koneiden valmistajalta. Tämäkin koneen valmistaja löytyi Kiinasta ja sai valmistettua juuri meidän tarpeisiin olevan lakkalinjan.

8 INVESTOINTIEN KANNATTAVUUS

Yrityksen päämääränä on yleensä tuottaa voittoa ja sitä voidaan tutkia/analysoida erilaisilla kannattavuuslaskentamenetelmillä. Mahdollisten investointien tarkoituksena on saada jotain hyötyä yrityksen toimintaan. Näitä investointeja on hyvä analysoida investointilaskelmilla, joista saadaan selville tuottaako investointi yritykselle rahallista voittoa vai ei. Jotta saadaan haluttu tulos, on valittava oikeat laskukaavat valittavissa olevista vaihtoehdoista, ja laskettava niillä investointien kannattavuutta. Itse näin tärkeimmiksi investoinnin kannattavuutta kuvaaviksi laskukaavaksi takaisinmaksuajan menetelmän, joka kuvaa mielestäni hyvin investoinnin kannattavuutta.

8.1 Takaisinmaksuajan menetelmä

Takaisinmaksuajan menetelmä on hyvin yleinen laskentamalli, kun puhutaan yritysten investointien kannattavuudesta. Takaisinmaksuaika on lyhykäisyydessään aika jona investointi maksaa itsenä takaisin. Minun tapauksessani laskukaava saadaan seuraavasti: hankintahinta jaetaan vuoden aikana saavutetuilla menojen säästöillä. Vastaus on yleensä joitakin vuosia. Kuvassa 9 on kaava takaisinmaksuajasta. (Vierros 2009).

Investoinnin hankintameno	= takaisinmaksuaika vuosissa
Vuotuiset nettotuotot	

Kuva 9. Takaisinmaksuajan kaava (Marttila 2011, 35)

8.2 Saavutetut säästöt

Toisena takaisinmaksuajan tekijänä on investoinnilla saavutettu säästö. Investoinnin avulla saavutettu säästö saadaan, kun tiedetään, kuinka paljon pintakäsittelyyn kului rahaa ennen ja jälkeen investoinnin hankintaa. Lopuksi ”ennen” hinnasta vähennetään ”jälkeen” hinta ja näin saadaan haluttu tulos. Taulukossa 1 on laskettu alkuperäinen pintakäsittelyn hinta, joka on yhtä kappaletta kohden. Yhden tuotteen pintakäsittely on maksanut vähän yli viisi yhdysvaltain senttiä. Taulukossa 2 on laskettu

pintakäsittely niin, että otetaan mukaan uudistetun lakkalinjan tuomat edut mukaan. Pelkästään lakkalinjan ottaminen käyttöön pienentää kustannuksia siten, että yhden tuotteen pintakäsittelyyn kuluu alle kolme yhdysvaltain senttiä. Taulukossa 3 on mukana sekä lakkalinja, että X. Nyt kokonaiskustannukset on saatu tiputettua hieman reiluun kahteen yhdysvaltain senttiin.

Old way (Spraying)		pcs/hour	Workers	Work costs	Material costs	Total costs
1	\$2,2792	569	1	\$0,0025		\$0,0025
2	Base shining Spraying	300	1	\$0,0046	\$0,0014	\$0,0060
3	Free spray painting 1-2 colour body painting	300	1	\$0,0046	\$0,0002	\$0,0048
	3-4 colour body painting	150	1	\$0,0093	\$0,0002	\$0,0095
	5 colour body painting	80	1	\$0,0174	\$0,0002	\$0,0176
	Average colour body painting			\$0,0105	\$0,0002	\$0,0106
4	Top shining (pre-mold) Spraying	300	1	\$0,0046	\$0,0014	\$0,0060
5	Unloading	569	1	\$0,0025		\$0,0025
6	Mold pattern painting 1 pattern body painting	450	1	\$0,0031	\$0,0001	\$0,0032
	2 pattern body painting	200	1	\$0,0070	\$0,0001	\$0,0071
	3-5 pattern body painting	100	1	\$0,0139	\$0,0002	\$0,0142
	Average pattern body painting			\$0,0080	\$0,0001	\$0,0081
7	Loading for top Shining	1714	1	\$0,0008		\$0,0008
8	Top shinning Spraying	2142	1	\$0,0007	\$0,0014	\$0,0020
9	Unloading from Top shining	1714	1	\$0,0008		\$0,0008
Total				<u>\$0,0349</u>	<u>\$0,0044</u>	<u>\$0,0511</u>
Reality multiplier 1,3						<u>\$5,1110 US cents</u>

TAULUKKO 1. Vanhan menetelmän laskeminen.

Old way (Dipping four hook)		pcs/hour	Workers	Work costs	Material costs	Total costs
1	Base shining Dipping	3340	2	\$0,0008	\$0,0002	\$0,0010
2	Free spray painting 1-2 colour body painting	300	1	\$0,0046	\$0,0002	\$0,0048
	3-4 colour body painting	150	1	\$0,0093	\$0,0002	\$0,0095
	5 colour body painting	80	1	\$0,0174	\$0,0002	\$0,0176
	Average colour body painting			\$0,0105	\$0,0002	\$0,0106
3	Top shining (pre-mold) Dipping	3340	2	\$0,0008	\$0,0002	\$0,0010
4	Mold pattern painting 1 pattern body painting	450	1	\$0,0031	\$0,00002	\$0,0031
	2 pattern body painting	200	1	\$0,0070	\$0,00002	\$0,0070
	3-5 pattern body painting	100	1	\$0,0139	\$0,00003	\$0,0140
	Average pattern body painting			\$0,0080	\$0,00002	\$0,0080
5	Top shinning Dipping	3340	2	\$0,0008	\$0,0002	\$0,0010
Total				<u>\$0,0210</u>	<u>\$0,0008</u>	<u>\$0,0283</u>
Reality multiplier 1,3						<u>\$2,8318 US cents</u>

TAULUKKO 2. Lakkalinjan lisääminen laskentoihin.

8.3 Lakkalinjan takaisinmaksuaika

Lakkalinjan tuomat säästöt ovat 2,28 yhdysvaltain senttiä jokaista tuotetta kohden. Tämä saadaan ylemmistä taulukoista selville. Kun tämä on saatu tietoon, olen saanut laskettua takaisinmaksuajan taulukossa 4 olevilla tiedoilla. Takaisinmaksuaika on 0,21 vuotta, eli päivinä 59.

Machine	Price	Capacity/hour	Pcs / year	Days	Machines need	Machines need Roundup	Pay back time	
Dipping line four hook	\$28 000	3340	5 930 383	254	0,9	<u>1,0</u>	<u>0,21</u>	(years)

TAULUKKO 4. Lakkalinjan takaisinmaksuajan laskemista.

8.4 Moniväriruiskupuristus

Ruiskupuristuksen laitteet olisi täytynyt päivittää joka tapauksessa, että ne vastaisivat laadullisesti nykypäivän vaatimuksia, joten moniväriruiskulaitteiden hinta ei tuottanut ylimääräisiä kustannuksia. Moniväriruiskupuristuksen ansiosta ei tarvitse jatkopintakäsittelä noin 35% kaikista pehmytmuovituotteista, joten säästöt ovat mittavia. Tämä tarkoittaa vuositasolla yli 70000 USD säästöjä.

9 YHTEENVETO

Työn alkuperäisenä tarkoituksena oli kartoittaa tietoa mahdollisista pintakäsittelymenetelmistä ja päästä kustannustehokkaampaan tapaan suorittaa pintakäsittelyä. Mitään tiettyä tavoitetta säästöiksi ei oltu määritelty.

Mielestäni työ oli onnistunut, sillä pintakäsittelyn kustannukset saatiin puolitettua reilusti. Lakkauksessa käytetty dipppausmenetelmä toi suurimman osan säästöstä, mutta myös X käyttöönotto tuo mittavia säästöjä. X saadaan myös vakaampaa ja tarkempaa työnjälkeä.

Hankaluuksina työn kannalta oli, ettei olemassaolevia menetelmiä voitu käyttää juuri tutkimuksen kohteena oleviin tuotteisiin, vaan lähes kaikki laitteisto oli kehitettävä uudestaan juuri yrityksen tarpeisiin vastaaviksi.

Tässä projektissa oli mukana minun lisäksi Batamin tehtaalta tehtaanjohtaja, teknillisen osaston henkilöstöä ja pintakäsittelyosastojen työnjohtajat. Varsinaisena projektipäällikkönä toimi tehtaanjohtaja, jonka valtuuttamana minä hoidin projektia eteenpäin siltä osin, kun se minulle kulloinkin koulunkäynnin ohessa ja osittain etätöinä oli mahdollista. Siltä osin, kun olin paikanpäällä, oli vetovastuu projektin etenemisestä minun vastuullani. Hoidin projektin alkukartoituksen ja nykytilan selvityksen, sekä kaiken projektissa tarvittun laskennallisen puolen. Osallistuin projektin palaveriin myös Suomessa ollessani Skypen välityksellä. Varsinaiset konehankinnat suoritti tekninen osasto, mutta olin myös hankintapäätöksiä käsittelevissä palavereissa mukana.

Opinnäytetön tekeminen on opettanut minulle paljon. Yksi suurimmista asioista oli, kun työ tehtiin ulkomailla ulkomaalaisten ihmisten kanssa. Kommunikoinnissa käytimme kielenä englantia, ja kun sitä joutui käyttämään jatkuvasti, tuli puhumisestakin luonnollisempaa. Työn sisältö oli kaikinensa minulle hyvin uutta ja kaikki mitä työssä tehtiin opetti minulle miten asiat hoidetaan käytännössä. Esimerkiksi koneiden ja laitteiden hankinta, prosessin kulku ja kokonaisuudessaan kehitystyön vaiheet sekä prosessi tuli tutuksi käytännössä.

LÄHTEET

Bruder, U. & Lähteenmäki, E. 2013. Muovien työstöruiskuvalu [MuoviPlast]. Nro 3/2013 [viitattu 26.4.2016]. Saatavissa: <http://polymerik.pp.fi/pdf/Osa9-Muovien-tyosto-ruiskuvalu.pdf>

Eisenman SE. Kuvituskuva lakkalinjasta [viitattu 15.4.2016]. Saatavuus: <http://www.directindustry.com/prod/eisenmann-se/product-17003-1656352.html>

Höök, T. & Nykänen, S. 2015. Ruiskuvaluprosessi [viitattu 26.4.2016]. Saatavuus: <http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/ruiskuvaluprosessi.pdf>

Marttila, A. Takaisinmaksuajan kaava [viitattu 25.4.2016]. Saatavuus: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/32608/Marttila_Aino-Kaisa.pdf?sequence=1

Tampereen teknillinen yliopisto Materiaaliopin laitos. Piirroskuva ruiskupururistussyksiköstä [viitattu 15.4.2016]. Saatavuus: http://www.ims.tut.fi/vmv/2005/vmv_4_4_3.php

Vierros, T. 2009. Investointilaskelmat [viitattu 25.4.2016]. Saatavissa Aalto University Wikissä: <https://wiki.aalto.fi/display/TU22/8.+Investointilaskelmat>

Wikipedia. 2016. Polyvinyylikloridi [viitattu 7.4.2016]. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Polyvinyylikloridi>

Pintäkäsittelyn kustannukset

Takaisinmaksuajat